

УДК 004.822

Н.В. Шаронова, В.А. Тарловский, Н.Ф. Хайрова

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛОГИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ БАЗ ЗНАНИЙ ЛОГИЧЕСКОГО ТИПА

**Введение.** Интеллектуальная информационная система, основанная на знаниях, представляет комплекс программных, лингвистических и логико-математических средств для реализации задачи осуществления поддержки разнородной деятельности человека. Такие системы используют знания экспертов и обладают компетентностью, т.е. возможностью искусственно воспроизводить эти знания. Основным вопросом при создании базы знаний является выбор модели представления знаний о свойствах сущностей предметной области (ПО) и отношениях между ними. Модель представления знаний должна определять структуру информации различных уровней и обеспечивать максимальное соответствие модели представления знаний характеру задач, для решения которых создается система. Для представления знаний традиционно используется четыре типа моделей: продукционная, формально-логическая, фреймовая и семанτικο-сетевая, каждая из которых имеет хорошо известные недостатки, не позволяющие выбрать одну стандартную модель. Проблема представления знаний в интеллектуальных системах на сегодняшний день является чрезвычайно актуальной, и ее решение остается одним из приоритетных направлений исследований в ИИ.

**Общая постановка задачи.** Логические сети являются естественным способом графического представления системы предикатов. А поскольку язык алгебры предикатов универсален и может описать структуру любого объекта [1, 2, 3], то и логические сети представляют собой универсальное средство наглядного представления структуры любого объекта. Построение логических сетей основывается на их сопоставлении с действиями интеллекта человека. При сопоставлении этих сетей с основными типами нейроструктур обнаруживается сходство строения технических и биологических конструкций. Но в отличие от биологических нейронных сетей [4], построение данной сети осуществляется сверху вниз: от общих системных соображений к алгебрологическим структурам, а от них логическим сетям, которые затем отождествляются с биологическими нейронными структурами.

**Цель исследования.** Повысить эффективность работы информационных систем, основанных на знаниях, за счет использования логических сетей в качестве структурной составляющей модели знаний информационного пространства предметной области. Создание модели представления знаний на основе логических сетей позволит повысить смысловыразительные возможности модели, сделать ее динамичной, расширяемой и оперативной.

**Описание математической модели.** Логическая сеть, разработанная в [5], основана на математическом аппарате алгебры конечных предикатов (АКП) [6]. Разработанная модель представляет собой графическое выражение формального описания отношений на множествах элементов, объективно отображающих картину информационного пространства локальной области знаний менеджера. Структуру данного объекта выражает предикат  $P(r, l, u, m)$  (1), описывающий множество наборов предметов  $r, l, u, m$ , удовлетворяющих уравнению  $P(r, l, u, m) = 1$ :

$$P(r, l, u, m) = m^1 r^1 u^1 (l^{12} \vee l^{13} \vee l^{14}) \vee m^1 r^2 u^5 (l^7 \vee l^8) \vee m^2 r^4 u^2 (l^{12} \vee l^9 \vee l^{10} \vee l^{11}) \vee m^3 r^1 u^3 (l^1 \vee l^2 \vee l^3 \vee l^4 \vee l^8) \vee m^4 r^2 u^4 (l^1 \vee l^4 \vee l^5 \vee l^6). \quad (1)$$

Результат формального описания объекта в виде логической сети представлен системой из трех предикатов  $P_r(r, m)$  (2),  $P_l(l, m)$  (3),  $P_u(u, m)$  (4).

$$P_r(r, m) = m^1 (r^1 \vee r^2) \vee m^2 r^4 \vee m^3 r^1 \vee m^4 r^2, \quad (2)$$

$$P_l(l, m) = (l^{12} \vee l^{13} \vee l^{14} \vee l^7 \vee l^8) m^1 \vee (l^{12} \vee l^9 \vee l^{10} \vee l^{11}) m^2 \vee (l^1 \vee l^2 \vee l^3 \vee l^4 \vee l^8) m^3 \vee (l^1 \vee l^4 \vee l^5 \vee l^6) m^4, \quad (3)$$

$$P_u(u, m) = m^1 (u^1 \vee u^5) \vee m^2 u^2 \vee m^3 u^3 \vee m^4 u^4. \quad (4)$$

Переход к единому предикату  $P(r, l, u, m)$  возможен путем образования конъюнкции из предикатов  $P_r, P_l, P_u$ :

$$P(r, l, u, m) = P_r(r, m) \wedge P_l(l, m) \wedge P_u(u, m). \quad (5)$$

Для построения логической сети используется бинарная декомпозиция, при которой каждый предикат конъюнктивной декомпозиции  $\{P_r, P_l, P_u\}$  является бинарным, т.е. зависит от двух существенных аргументов. Построенная модель логической сети формального описания локальной области деятельности менеджера, является графическим представлением результата бинарной

конъюнктивной декомпозиции [1] многоместного предиката персонифицированного интеллектуального ресурса компании.

Логическая сеть состоит из полюсов и соединяющих их ветвей. Полюсам соответствуют переменные, а ветвям — связывающие их отношения. В процессе решения задачи, реализованной логической сетью, в некоторые ее полюсы вводятся известные знания, и сеть формирует из них знания для остальных полюсов, после чего производится снятие информации с указанных пользователем полюсов.

Логическую сеть можно рассматривать как схемно реализованную базу знаний, осуществляющую параллельную обработку информации. В процессе работы логической сети по всем ее ветвям происходит двустороннее движение информации, сопровождаемое ее преобразованием. Обработка знаний в ветвях логической сети осуществляется линейными логическими преобразованиями [7].

Построенная логическая сеть состоит из полюсов и ветвей. Каждому полюсу логической сети ставится в соответствие своя предметная переменная модели, которая называется атрибутом этого полюса. Каждый полюс обозначается своей предметной переменной. С каждым полюсом связываем его домен, то есть область изменения данного полюса. Область изменения переменной  $l$ , обозначающей информационно нагруженные элементы текстов (ключевые слова и словосочетания документов), определяется множеством  $A_l = \{l^i\}$ , где  $i=\overline{1,14}$ . Область изменения предметной переменной  $u$ , обозначающей значение иерархической классификации UDK, определяется множеством  $A_u = \{u^k\}$ , где  $k=\overline{1,5}$ . Область изменения переменной  $r$ , обозначающей значение рубрикатора, определяется множеством  $A_r = \{r^j\}$ , где  $j=\overline{1,4}$ .

Каждой ветви логической сети ставится в соответствие свое бинарное отношение модели, которое называется отношением этой ветви. Каждая ветвь обозначается номером своего отношения. Она соединяет два полюса, отвечающие тем предметным переменным, которые связываются предикатом, соответствующим данной ветви. Ветвь 1, соединяющая полюсы  $l$  и  $m$ , соответствует отношению  $P_l(l, m)$  (3). Ветвь 2, соединяющая полюсы  $u$  и  $m$ , соответствует отношению  $P_u(u, m)$  (4). Соответственно ветвь 3, соединяющая полюсы  $r$  и  $m$ , соответствует отношению  $P_r(r, m)$  (2).

Рассматриваемый фрагмент логической сети предназначен для решения системы уравнений, заданных моделью отношений в [5, 8]. Данную логическую сеть можно превратить в электронную схему, определяемую разработанной моделью. Такая сеть будет работать по тактам [9].

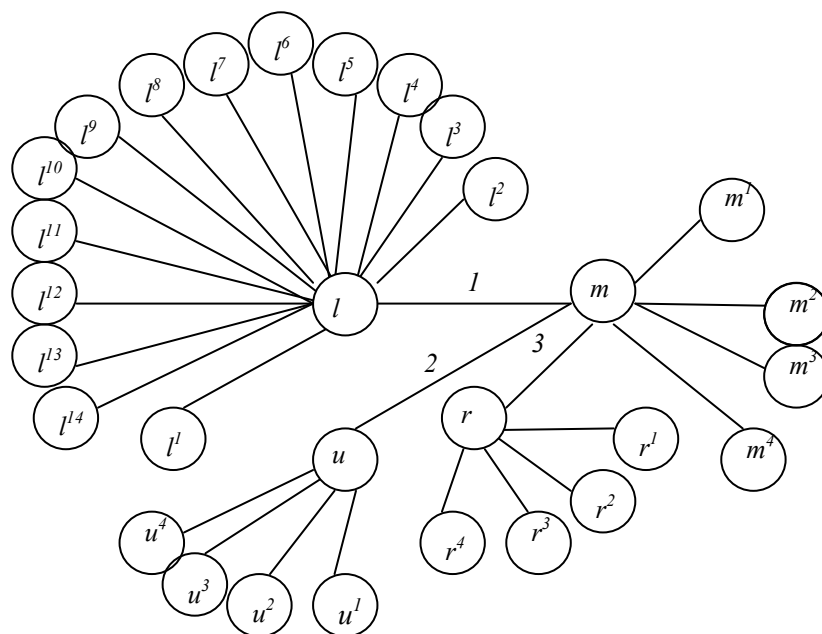


Рис. 1. Логическая сеть формального описания локальной области знаний менеджера.

Для каждого из своих логических уравнений вида  $P_x(x, m)=1$ , реляционная сеть на первом полутакте каждого такта отыскивает по известному знанию  $Q_i(x)$  о предметной переменной  $x$  знание  $Q_{i5}(m)$  значения переменной  $m$  в конце  $i$ -го такта, и по известному знанию  $Q_{i5}(m)$  о значении предметной переменной  $m$  в начале такта логическая сеть отыскивает знание  $Q_i(x)$  о значении предметной переменной  $x$ .  $Q_i(x)$ ,  $Q_i(x)$  — предикаты, соответствующие множеству знаний о значении

предметной переменной  $x$  в начале и в конце первого полутакта соответственно, а  $Q_{i5}(m)$ ,  $Q_{i5}'(m)$  — предикаты, соответствующие множеству знаний о значении предметной переменной  $m$  в начале и в конце первого полутакта такта соответственно, где  $x \in \{l, r, u\}$ , а  $i = \overline{1,3}$ .

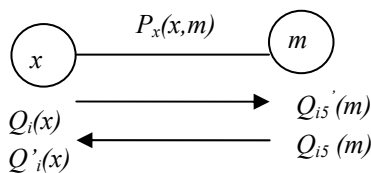


Рис. 2. Логическая схема первого полутакта.

На первом полутакте сети для уравнения  $P_l(l,m)$  ветви 1 по известному знанию  $Q_l(l)$  о значении переменной  $l$  в начале такта отыскиваем знание о  $Q_{15}(m)$  значении переменной  $m$  в конце первого такта, выполняя линейно-логическое преобразование вида:

$$\exists l \in A_1 (P_l(l,m) Q_l(l)) = Q_{15}'(m) \quad (6)$$

С обратной стороны ветви по известному знанию  $Q_{15}(m)$  о значении предметной переменной  $m$  в начале такта, используя предикат  $P_l(l,m)$  определяется знание  $Q_l'(l)$  о значении переменной  $l$  в конце первого такта. Математически эту операцию можно выразить формулой:

$$\exists m \in A_5 (P_l(l,m) Q_{15}(m)) = Q_l'(l), \quad (7)$$

где множество  $A_1$  задает область определения предметной переменной  $l$ , определяющей множество ключевых слов и словосочетаний, а  $A_5 = \{m^1, m^2, m^3, m^4\}$  представляет область изменения предметной переменной  $m$ , определяющей локальные области деятельности менеджеров корпорации.

Параллельно для отношения  $P_u(u,m)$  ветви 2 сети по известному знанию  $Q_2(u)$  о значении переменной  $u$  в начале такта отыскивает знание  $Q_{25}'(m)$  о значении переменной  $m$  в конце такта:

$$\exists u \in A_2 (P_u(u,m) Q_2(u)) = Q_{25}'(m) \quad (8)$$

Одновременно по известному знанию  $Q_{25}(m)$  о значении предметной переменной  $m$  в начале такта, используя предикат, определяющий отношение ветви  $P_u(u,m)$  определяется знание  $Q_2'(u)$  о значении переменной  $u$  в конце первого полутакта:

$$\exists m \in A_5 (P_u(u,m) Q_{25}(m)) = Q_2'(u), \quad (9)$$

где множество  $A_2$  задает область определения предметной переменной  $u$ , определяющей множество значений классификатора УДК документов,  $A_5$  — область изменения предметной переменной  $m$ .

Параллельно для уравнения  $P_r(r,m)$  ветви 3 сети (см. рис.) по известному знанию  $Q_3(r)$  о значении переменной  $r$  в начале такта отыскивает знание  $Q_{35}'(m)$  о значении переменной  $m$  в конце первого такта:

$$\exists r \in A_3 (P_r(r,m) Q_3(r)) = Q_{35}'(m) \quad (10)$$

Параллельно в первом полутакте первого такта по известному знанию  $Q_{35}(m)$  о значении предметной переменной  $m$  в начале первого такта, используя предикат  $P_r(r,m)$  определяется знание  $Q_3'(r)$  о значении переменной  $r$  в конце первого такта:

$$\exists m \in A_5 (P_r(r,m) Q_{35}(m)) = Q_3'(r), \quad (11)$$

где множество  $A_3$  — область изменения предметной переменной  $r$ , определяющей множество значений рубрикатора,  $A_5$  — область изменения предметной переменной  $m$ .

На втором полутакте сеть ищет общую часть всех знаний  $Q_{15}'(m)$ ,  $Q_{25}'(m)$ ,  $Q_{35}'(m)$  о значении каждой из своих предметных переменных  $m$ , поступающих по ветвям 1, 2, 3 сети к полюсу  $m$ . Определяется пересечение множеств:

$$Q'_{15}(m) \wedge Q'_{25}(m) \wedge Q'_{35}(m) = Q_{15}(m), \quad (12)$$

где коэффициенты 1, 2, 3 обозначают номер логической сети, подходящей к полюсу  $m$ . Полученное знание  $Q_{15}(m)$  используется, как состояние полюса  $m$  в начальный момент времени следующего такта.

Таким образом, работа логической сети между двумя любыми узлами представляет собой линейные логические преобразования (6 - 11) на первом полутакте каждого  $i$ -го такта и пересечение множеств на втором полутакте  $i$ -го такта. На первом полутакте по исходному знанию о значении переменной  $x$  ( $x \in \{l, r, u\}$ ) и известной зависимости  $P_x(x, m)$  находится конечное для данного такта значение переменной  $m$ . С помощью обратного логического преобразования (7, 9, 11) по известной зависимости  $P_x(x, m)$  и начальному знанию о значении переменной  $m$  находится конечное для данного такта значение переменной  $x$ . На втором полутакте каждого  $i$ -го такта находится  $Q_{i+15}(m)$  как пересечение найденных знаний  $Q'_x(x)$  о значении переменной  $x$ . Знания о предметной переменной  $m$ , поступающие по трем ветвям сети с разных сторон к полюсу  $m$  имеет вид:

$$Q_{i+15}(m) = \bigcap_{j=1}^3 Q'_{i5j}(m). \quad (13)$$

Так как, согласно формуле (13)  $Q_{i+15}(m)$  не может быть больше  $Q'_{i5}(m)$ , и  $Q_{15}(m)$ , следовательно, по ходу работы логической сети множество знаний  $Q_{15}(m)$  сужается:

$$Q_{i+15}(m) = \bigcap_{j=1}^3 Q'_{i5j}(m) \Rightarrow Q_{i+15}(m) \leq Q'_{i5}(m) \quad (14)$$

Пересечение множеств на втором полутакте каждого такта, уменьшая размер знание-множества, приводит к быстрейшему выполнению критерия нахождения  $n$ -ого линейного логического преобразования.

Так как построенная логическая сеть представляет собой бинарную декомпозицию многоместного предиката, отображающую бинарные отношения между конечным числом узлов, то согласно (14) она находит решение за конечное число шагов. Критерием окончания работы сети является равенство значений всех узлов на двух тактах подряд. Так как, если на двух тактах значения в узлах бинарной ветви повторились, то они будут повторяться и далее [10] и работа сети на этом участке прекратится, аналогично двум другим ветвям сети.

**Выводы.** Таким образом, использование логических сетей в качестве структурной составляющей модели знаний информационного пространства предметной области, имеет существенные преимущества перед моделями, существующими на сегодняшний день, позволяя создавать динамические и расширяемые модели ПО. Возможность формализации процесса потактовой работы логической сети, а так же наличие формального критерия окончания работы сети, позволяет ее реализовать в виде электронной схемы [11] для автоматического решения задачи формального описания локальной области знаний менеджера. По мере необходимости программа, управляющая работой компьютера, может обращаться к данной карте, которая за доли микросекунды формирует ответ на запрос.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Шабанов-Кушнарченко Ю.П. Теория интеллекта: математические средства. — Х.: Вища шк., 1984.— 143 с.
2. Шабанов-Кушнарченко Ю.П. Теория интеллекта: Проблемы и перспективы. — Х.: Вища шк., 1987.— 158 с.
3. Бондаренко М.Ф., Шабанов-Кушнарченко Ю.П. Теория интеллекта. Учебник. Харьков. Изд-во СМИТ. 2007. 576 с.
4. Anil K. Jain, Jianchang Mao, K.M. Mohiuddin Artificial Neural Networks: A Tutorial, Computer, Vol.29, No.3, March/1996, pp. 31-44.
5. Шаронова Н. В., Тарловский В. А., Хайрова Н. Ф. Модель извлечения глубинных знаний для систем организационного управления. // Вестник Херсонского национального университета. — 2010. № 2 (38). С. 97 -102.
6. Бондаренко М. Ф., Чикина В. А., Шабанов-Кушнарченко Ю. П. Модели языка. //Бионика интеллекта. — 2004.— № 61/1 — С. 27-37.
7. Вечирская И. Д. Действия над линейными логическими преобразованиями // Новые технологии. — 2005. — № 1-2 (7-8) — С. 162-168.

8. Khairova N., Sharonova N. Building of Logic Network of the Information Area of Corporation // 8th IEEE EAST-WEST DESIGN&Test Symposium (EWDTS 2010) / St. Petersburg, Russia, September 17-20, 2010. — P. 371 – 373.
9. Бондаренко М.Ф., Гузь О.А., Хаханов В.И., Шабанов-Кушнарченко Ю.П. Инфраструктура мозгоподобных вычислительных процессов. — Харьков: ХНУРЭ. — 2010. — 160 с.
10. Вечирская И.Д., Шабанов-Кушнарченко Ю.П. О методе нахождения n-ого линейного логического преобразования // Искусственный интеллект. — 2007. — № 3. — С. 382-389.
11. Хаханов В.И. Проектирование и тестирование цифровых систем на кристаллах / В. И. Хаханов, Литвинова Е.И., Гузь О.А. — Харьков: ХНУРЭ. — 2009. — 484 с.

ШАРОНОВА Наталья Валериевна - доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой интеллектуальных компьютерных систем Национального технического университета «Харьковский политехнический институт».

Научные интересы: математическое моделирование, искусственный интеллект, автоматизация библиотечной деятельности.

ТАРЛОВСКИЙ Вячеслав Алексеевич - аспирант Херсонского национального технического университета

Научные интересы: корпоративные информационные системы, модели представления знаний, системы электронного управления документами.

ХАЙРОВА Нина Феликсовна - кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры интеллектуальных компьютерных систем Национального технического университета «Харьковский политехнический институт» .

Научные интересы: интеллектуальные системы, компьютерная лингвистика, автоматизированная обработка текстовой информации, искусственный интеллект.